

ANÁLISE DE SENSORES PARA A CAPTAÇÃO DE RUÍDOS DE SMARTPHONE PARA DIFERENTES AMBIENTES: UMA APLICAÇÃO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DA ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

ANALYSIS OF SENSORS TO CAPTURE SMARTPHONE NOISE FOR DIFFERENT ENVIRONMENTS: AN APPLICATION OF TECHNOLOGICAL RESOURCES IN THE TEACHING OF WORK'S SAFETY ENGINEERING

Juliano Katayama Groff¹ 

Rodrigo Tartari² 

Resumo: O presente trabalho consistiu em analisar a confiabilidade dos sensores de ruído de três modelos de celulares: o smartphone A (americano e com maior valor financeiro), smartphone B (americano com valor financeiro intermediário) e smartphone C (chinês e com valor financeiro inferior), por meio de um aplicativo que realiza a conversão de ruídos em decibéis. Obtiveram-se dados dos seguintes ambientes: escritório com som ambiente, carro em movimento, quarto silencioso, quarto com música alta, secador de cabelo, televisão em uma sala e uma rua com trânsito. A pesquisa correlacionou o uso de novas tecnologias aliadas ao contexto de Engenharia de Segurança do Trabalho quando se trata de análise de ruídos e poluição sonora. Pode-se observar que os três aparelhos não possuíam uma lógica quanto a resposta nos mais diferentes ambientes como exemplo o aparelho C, que reagia melhor para ambientes com música. O aparelho da B em ambientes com baixo ruído reagia diferentemente do aparelho A. Na análise da média, em ambientes com baixo ruído há melhor concordância entre os valores das médias. E em ambientes abertos os resultados demonstraram que os aparelhos não possuem precisão na medição de ruídos. Conclui-se que os sensores de captação de ruídos de aparelhos celulares podem ser utilizados como recursos tecnológicos no ensino de Engenharia de Segurança do Trabalho, no entanto há necessidade de fazer uma curva de calibração comparada a um equipamento do tipo decibelímetro devidamente calibrado e com certificação.

Palavras-chave: Engenharia de Segurança do Trabalho. Ruídos. Sensores. Decibelímetro. Smartphone. Poluição Sonora.

Abstract: The present work consists of analyzing the reliability of the noise sensors of three models of cell phones: smartphone A (american and with higher financial value), smartphone B

¹Doutor em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, julianokg@hotmail.com.

²Doutor em Física Ambiental, Universidade Estadual de Maringá, rtartari@uem.br.

(american with intermediate financial value) and smartphone (chinese and with lower financial value), through an application that converts noise into decibels. Get data from the following environments: office with surround sound, moving car, quiet room, room with loud music, hair dryer, TV in a room and a street with traffic. The research correlated the use of new technologies allied to the context of Occupational Safety Engineering when it comes to analyzing noise and sound emissions. The B device in low noise environments reacted differently to the A. In the average analysis, in environments with low noise there is better agreement between the average values. And in open environments the sad results are that the devices are not accurate in measuring noise. It is concluded that the sensors for capturing noise from cell phones can be used as technological resources in the teaching of Occupational Safety Engineering, however there is a need to make an anticipated measurement curve to a decibel meter type equipment duly calibrated and certified.

Keywords: Work's Security Engineer. Noises. Sensors. Decibel meter. Smartphone. Noise pollution.

1 INTRODUÇÃO

As análises de ruído em um ambiente de trabalho ou em um local público são realizadas seguindo protocolos de medição, utilizando equipamentos apropriados e devidamente calibrados, denominado de decibelímetro. Com a popularização dos smartphones que possuem inúmeras funções, dentre as quais de medição de pressão sonora, atualmente é possível realizar análises de monitoramento de ruído e de acordo com a legislação vigente, analisar o ambiente em termos de segurança ocupacional. Neste contexto, surge a necessidade de comprovar a precisão e exatidão dos sensores de smartphones mais populares de acordo com mudanças no ambiente e na intensidade sonora, mediante curva de calibração gerada com equipamento devidamente calibrado e com certificado de precisão.

O presente trabalho tem por objetivo o de analisar a confiabilidade dos sensores de ruído de três modelos de celulares: Smartphone A, Smartphone B e Smartphone C. Os ambientes propostos para análise foram o escritório com som rotineiro, carro em movimento, quarto silencioso, quarto com música alta, próximo a um secador de cabelo, um televisor e numa rua com trânsito. O objetivo é analisar de forma simplificada o ruído, com equipamentos por alunos de pós-graduação em Engenharia de Segurança de Trabalho ou técnicos de Segurança do trabalho. De acordo com os resultados, pode ser selecionado os melhores aparelhos com os melhores sensores de acordo com cada modelo e marca, local e situação para medições.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Métodos, normas e análise de medições de ruídos

O ruído pode ser definido como um conjunto de sons, com uma certa frequência, causado por algum tipo de queda, choque, barulho ou pancada. Para fins de legislação há dois tipos de ambientes que podem ser observados ruídos e que possuem metodologias próprias de medição da pressão sonora (VILLAS BÔAS, N. 2004). A norma NBR 10151 refere-se à Acústica - Avaliação do ruído

em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade e em termos de ambientes de trabalho utiliza-se a NR-15 que diz sobre os limites de ruídos intermitente e de impacto (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 1978)

De acordo com a norma NBR 10151 existem quatro definições para ruído com nível de pressão “A”, o ruído com caráter impulsivo, o ruído com componentes tonais e o nível de ruído ambiente. O ruído com nível de pressão “A” possui um nível obtido a partir do valor médio quadrático de pressão sonora que está relacionada com todo o intervalo de medição. O ruído com caráter impulsivo caracteriza-se por conter impulsos, nesse caso, picos de energia acústica com duração menor a 1 segundo e que se repete a intervalos maiores que 1 segundo. Ruídos com componentes tonais contem tons puros assim como um som semelhante a um apito. O nível de ruído ambiente é o equivalente ao ponderado em “A” levando em consideração o local e horário, porém, na ausência do ruído gerado pela fonte (ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10151, 2003).

Para mensurar o nível de pressão sonora o medidor deve atender as especificações da IEC 60651 para o tipo O, 1 ou 2. E de acordo com a norma recomenda-se a utilização de pressão sonora equivalente e ponderado em “A” conforma a norma vigente. Para uma correta medição e exatidão o aparelho deve estar calibrado e certificado pela Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e renovado para cada dois anos (ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10151, 2003).

2.2 Medições internas, externas e nível de critério de avaliação

Para uma medição de pressão sonora deve-se ater a certos procedimentos de medição que incluem dentro e fora de edificações. Inicialmente deve-se prevenir o efeito de ventos sobre o microfone com o uso de um dispositivo de proteção de acordo com as normas do fabricante. A medição no exterior de edificações deve ser efetuada em pontos afastados

aproximadamente 1,2 metros do piso e pelo menos 2 metros do limite da propriedade e incluindo quaisquer superfícies refletoras como um exemplo o de muros e paredes. Medições no interior de edificações devem ser realizadas a pelo menos 1 metro de quaisquer superfícies refletoras como exemplo o de paredes, teto pisos e móveis. (ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10151, 2003)

Os níveis de pressão sonora dentro de edificações devem ser representados pela média aritmética dos valores medidos em três posições e afastados por 0,5 metros. O método de avaliação de ruído considera-se a comparação entre o nível de pressão sonora corrigido (L_c) e o nível de critério de avaliação (NCA) de acordo com a Tabela 1, nesse caso, o de critério de avaliação leva-se em consideração os hábitos populares. (ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10151, 2003)

Tabela 1 – Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: Adaptado de ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10151 (2003)

De acordo com a ABNT – Associação brasileira de normas técnicas: NBR 10151 (2003, p. 3), para a confecção de um relatório de ensaio, deve-se ater aos seguintes aspectos:

- marca, tipo ou classe e número de série de todos os equipamentos utilizados;
- data e número do último certificado de calibração de cada equipamento de medição;
- desenho esquemático e/ou descrição detalhada dos pontos de medição;
- horário e duração das medições do ruído;
- nível de pressão sonora corrigido L_c , indicando as correções aplicadas;
- nível de ruído ambiente;
- valor do nível de critério de avaliação (NCA) aplicado para a área e o horário de medição;
- referência a esta Norma.(ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10151, 2003)

Para a determinação do nível de pressão sonora equivalente, quando o dispositivo não possui esta função, utiliza-se a seguinte Equação 1.

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (1)$$

Em que L_i é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida a cada 5s, durante o tempo de medição do ruído. (ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10151, 2003).

2.3 Limites de tolerância em ambientes de trabalho

Em se tratando do ambiente de trabalho a norma utilizada é a NR-15 referente a atividades e operações insalubres. São consideradas atividades insalubres as que se desenvolvem acima dos limites de tolerância comprovadas por meio de laudo de inspeção do local de trabalho. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 1978)

O limite de tolerância prevista por lei relaciona a concentração ou intensidade máxima ou mínima com a natureza e o campo de exposição e que não possui potencial de causar danos ao trabalhador durante sua vida laboral. A legislação prevê que caso o trabalhador se submeta ao ambiente insalubre

prevê-se um adicional para o salário de acordo com o salário mínimo, nesse caso, 40% para insalubridade de grau máximo, 20% para insalubridade de grau médio e 10% para insalubridade de grau mínimo.(MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 1978)

De acordo com a NR-15 há dois tipos de ruídos considerados em ambiente de trabalho o ruído intermitente e o ruído de impacto. Entende-se por Ruído intermitente ruídos contínuos e devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW) e as leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador. Os tempos de exposição aos níveis de ruído não devem exceder os limites de tolerância de acordo com a Tabela 1.2. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 1978)

Tabela 1.2 - Norma Regulamentadora 15: limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

Nível de ruído dB (A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Adaptado: Ministério do Trabalho e Previdência (1978)

O ruído de impacto representa picos de energia acústica de duração inferior a 1s segundo e a intervalos superiores a 1 (um) segundo.

Os níveis de impacto são avaliados em decibéis (dB), com medidor de nível de pressão sonora operando no circuito linear e circuito de resposta para impacto e as leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador. O limite de tolerância para ruído de impacto será de 130 dB (linear) e nos intervalos entre os picos. As atividades que exponham o trabalhador sem

proteção não deveram possuir ruídos de impacto que ultrapasse 140dB, caso isso ocorra, poderá oferecer risco grave ao trabalhador. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 1978)

2.4 Estudos acústicos e suas metodologias de análise

Lacerda, et al., (2012) estudou a percepção da população de uma grande cidade com relação a poluição sonora. Nesse sentido, buscou-se selecionar os ambientes em que há maior percepção de ruídos e que gerem influências psicossociais. Foram entrevistados 892 indivíduos e como resultado os causadores de incômodo foram: 1) o tráfego de veículos (67%), 2) os vizinhos (33%), 3) o barulho de sirenes (23%), 4) o barulho de animais (21%) e 5) o barulho gerado pela construção civil (21%). As principais reações psicossociais foram: 1) irritabilidade (55%), 2) baixa concentração (28%), 3) insônia (20%) e 4) dor de cabeça (19%).

Aparicio-Ramon et., al (1993) desenvolveu estudos acústicos na Espanha, cidade de Valência. As gravações foram feitas durante os meses de novembro e dezembro em dias uteis e nos horários de 9h às 13h e das 17h às 20h. A pesquisa consiste também na realização de entrevistas e relacionar a opinião dos habitantes com a percepção de ruídos e conseqüentemente determinar o nível de desconforto causado pela rotina diária.

Foi desenvolvido um estudo, relacionando perguntas específicas sobre o sono e distúrbios psicológicos. Nesse caso, foram aplicados em forma de entrevistas a 413 residentes no centro de Belgrado. Na área com ruído foi estabelecido ($L_{eq} > 65\text{dB}$ em 253 moradores entrevistados e na zona de controle ($L_{eq} < 55\text{dB}$). A pesquisa consistiu em utilizar a escala de sensibilidade ao ruído de Weinstein. (BELOJEVIC & JAKOVLEVIC, 1997)

Foi realizado um estudo, uma pesquisa recente, sobre a resposta subjetiva ao ruído do tráfego em que ocorre aumento e diminuição na exposição do ruído. O estudo demonstrou que as insatisfações aumentam ou diminui e possui relação com efeitos de condições de estado estacionário. Nesse caso os

efeitos demonstraram ser persistente ao longo do tempo. (Raw, G. J. & Griffiths, I. D. 1990)

2.5 Utilização das tecnologias de smartphone para a pesquisa

Na atualidade observa-se a utilização com grande frequência de aparelhos como smartphone, como ferramentas que auxiliam as atividades de laboratórios de física, devido a praticidade de se obter resultados em tempo real e aproveitando da tecnologia do aparelho. Realizou-se um estudo correlacionando sensores e observou-se, em experimentos com acelerômetros, que em virtude do princípio da equivalência, um sensor fixado em um sistema de referência não-inercial não pode diferenciar entre um campo gravitacional e um sistema com aceleração. Assim, os valores de aceleração medidos por este sensor possuem a necessidade de ser corrigidos considerando-se o componente gravitacional. (MONTEIRO et., al (2015)

Um estudo utilizando o laringoscópico foi desenvolvido a fim de comparar a eficiência do sensor de um smartphone comparado com o sensor de um luxímetro. A laringoscopia direta necessita de uma luz adequada, pois, pode acarretar grandes riscos devido a variações de comprimento de onda. A pesquisa consistiu de uma análise subjetiva e que o estudo deve ser aperfeiçoado de maneira mais quantitativa. (MACHADO, D. A. A. R. C. et al., (2017)

Pinto, F. S.& Centeno, J. A. S. (2010) desenvolveram um estudo do uso de smartphones para a visualização e representação de dados do censo e banco de nomes geográficos utilizando a tecnologia da realidade aumentada. Os dados foram disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foi proposto um módulo de realidade aumentada para smartphone, em que utiliza diferentes variáveis visuais para a representação dos dados. A pesquisa permite que estudantes, técnicos e usuários de cartografia consigam explorar, solucionar problemas e compreender as informações cartográficas e estatísticas em tempo real.

2.6 Utilização dos sensores de smartphone para a pesquisa de efeitos sonoros

Em 2015 o pesquisador Yang-Hann Kim foi premiado devido a pesquisa sobre educação acústica da Acoustical Society of America, esta pesquisa, demonstra a importância de representações visuais de campos sonoros. Os autores demonstraram um método simples para análise sonora utilizando smartphones. (HAWLEY, S. H. & JUNIOR, R. E. M. 2018)

Os sons em um ambiente como uma casa possuem várias representações como um som em um fundo de um móvel ao falar, um eletrodoméstico em funcionamento ou a queda de um talher. Utilizando um smartphone e um aplicativo pode-se obter uma análise como verificar a ressonância e o mapeamento do campo sonoro em coordenadas polares. O aplicativo pode fornecer a evolução temporal da frequência e a intensidade sonora gravada pelo microfone. Nesse caso o conjunto de dados de frequência, intensidade e tempo é chamado de espectograma. (FLOREA, C. 2019)

Uma forma de monitorar doenças transmitidas por mosquitos é utilizando smartphones e suas funções sonoras. Estes são capazes de adquirir sensibilidade acústica para espécies específicas de mosquitos. De acordo com os dados captados foi possível identificar, de forma não invasiva, uma ampla gama de espécies de mosquitos medicamente importantes. (HOL, F. J. H. et al., 2017)

Os smartphones ao longo dos anos tornaram-se presente em inúmeras situações como recurso de comunicação do ser humano. Este recurso possui inúmeras aplicações, uma destas é a funcionalidade de sensores, nesse caso possibilitando o monitoramento de ruídos. Foi estudado o uso de smartphones para a captação e processamento de sons analisando o impacto de diferentes algoritmos de cálculo de ruído e a precisão das medições. Em conjunto foi comparado com dispositivos profissionais. Os resultados demonstram que desde que o aparelho esteja corretamente sintonizado, é possível aferir níveis de ruídos como aparelhos profissionais na faixa de 35-95dB. (ZAMORA, W. 2017)

Thiel, B. et., al (2012) estudou um método para detecção de nível de proximidade de smartphones em movimento para análise do som, nesse caso,

combinou-se o sistema bluetooth com sons em torno de 18kHz. O sistema permitiu o reconhecimento em tempo real de situações como duas pessoas se aproximando e caminhando simultaneamente. A pesquisa permitiu avaliar o som para situações com variedade de ambientes como o de corredor do escritório e uma rua movimentada próximo a um shopping center.

Em vista da importância de se obter dados confiáveis quanto a medição de ruídos, pois, ruídos são observados desde ambientes de trabalho a ambientes de rotina interno e externo. Ponderando que existem metodologias e legislação vigente com relação ao ruído e que são necessários equipamentos de precisão para a obtenção de dados confiáveis. Considerando a disponibilidade de smartphone para estudantes e profissionais, surge a necessidade de se avaliar a confiabilidade dos aparelhos e a comparação por espécie. Assim, descobrir o aparelho e modelo que apresente maior precisão e exatidão na captura dos decibéis é uma descoberta fundamental para sua indicação de utilização.

3 OBJETIVO

Analisar a confiabilidade dos sensores sonoros de celulares dos seguintes aparelhos: A, B e o C aplicado ao estudo de ruídos envolvendo a análise dos dados de decibéis em diferentes ambientes. Um estudo relacionando a utilização de tecnologia aplicada ao ensino e pesquisa para a Engenharia de Segurança do Trabalho.

3.1- Objetivo específico

Dentre os objetivos específicos destacam-se:

- Seleção de três marcas de celulares mais populares e de fácil acesso a grupos envolvendo estudantes de Engenharia de Segurança do Trabalho;
- Captação de ruídos de diferentes ambientes comuns a rotinas populares utilizando um aplicativo gratuito e de fácil acesso. Os locais escolhidos foram: escritório com som, carro em movimento, quarto silencioso, secador, televisor e uma rua com trânsito;

- Análise da precisão dos dados utilizando a análise de variabilidade por média e a análise das dispersões dos dados utilizando o desvio padrão;
- Comparação dos dados entre os três celulares.

4 METODOLOGIA

Os celulares selecionados foram de três marcas populares, sendo uma americana com o custo maior, uma americana com o custo intermediário e uma marca chinesa com o menor custo dos três modelos. O aplicativo utilizado, de domínio público e gratuito, foi o Noise Meter v3.9.1 – JINASY. Os ambientes selecionados para a captação dos ruídos foram o escritório com som, um carro em movimento, um quarto silencioso, um secador, um televisor e uma rua com trânsito.

De posse dos dados de medição determinou-se a variabilidade das medições por meio de gráficos do software OriginLab® Releases Origin® 8 e utilizando o software Statistica®13.3 determinou-se o desvio padrão em todos os casos. A representação do desvio padrão está de acordo com gráficos do software OriginLab® Releases Origin® 8.

Para a análise de variabilidade e dispersão dos resultados propõe-se o cálculo da média e desvio padrão: (Equação 2 e 3)

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n \bar{x}_i}{n} \quad (2)$$

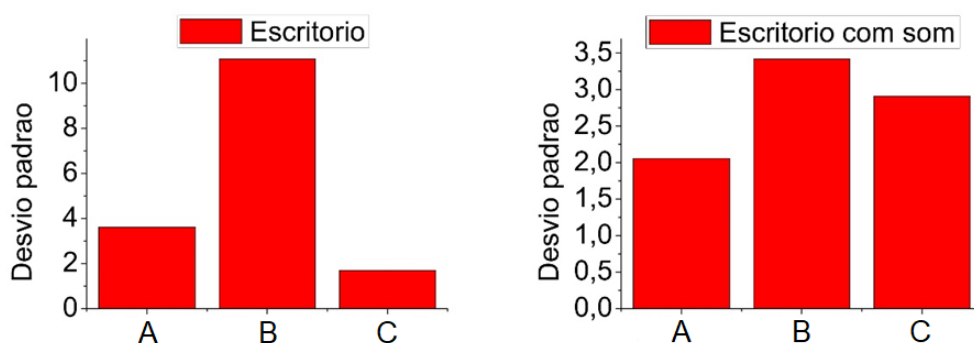
$$\sigma = \left(\frac{\sum_i^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos foram demonstrados em gráficos no qual facilita a interpretação qualitativa. Observa-se a grande variabilidade e situações adversas de acordo com os resultados apresentados.

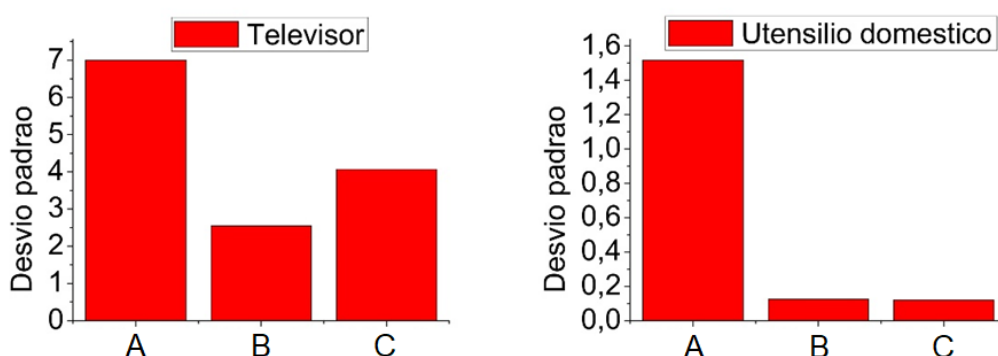
De acordo com a Figura 1 e 2 observa-se que há um comportamento controverso que se relaciona a intensidade sonora. Na Figura 1 o aparelho B demonstrou que possui grande dispersão dos dados de captação sonora, nesse caso, para um ambiente com baixo ruído. O que pode significar que em ambientes com baixo ruído a captação possui limitações. No caso em que há grande ruído, escritório com som corriqueiro, observa-se que todos os smartphone aumentam de dispersão dos dados o que demonstra que em intensidades mais altas de ruídos os modelos não são adaptáveis a captação de dados.

Figura 1 – Análise do desvio padrão: escritório e escritório com som



Fonte: Dos autores

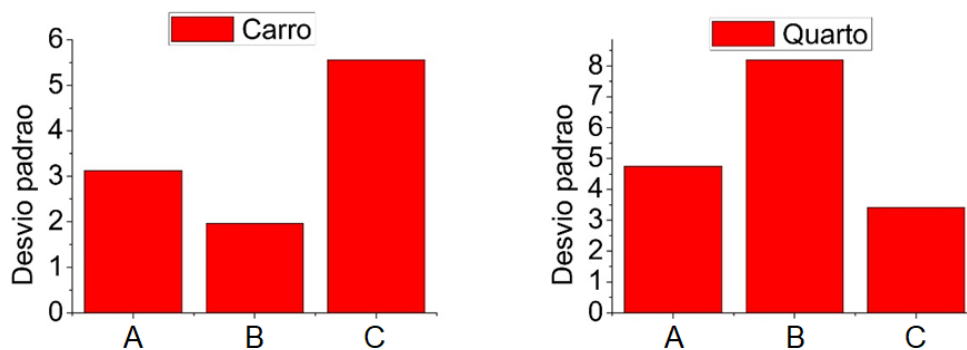
Figura 2 – Análise do desvio padrão: televisor e utensílio domestico



Fonte: Dos autores

De acordo com a Figura 2 observa-se que o aparelho A obteve um desempenho pior que os demais. O quesito nesse caso é o da frequência, pois o televisor constantemente tende a mudar a frequência sonora. Já o utensilio doméstico possui alta frequência de seu ruído.

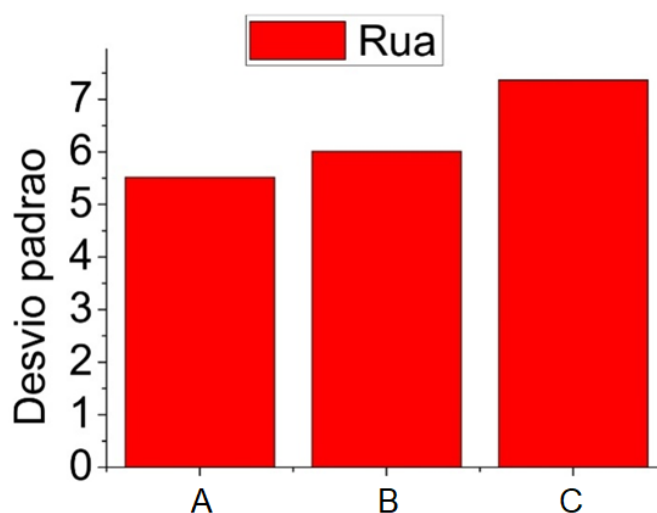
Figura 3 – Análise do desvio padrão: carro e quarto



Fonte: Dos autores

A análise dos resultados para a rua demonstrou o pior cenário de todos os celulares (Figura 4). Nesse caso a rua estava sem movimento e todos os sensores demonstraram obter pouca sensibilidade na captação dos dados de decibéis.

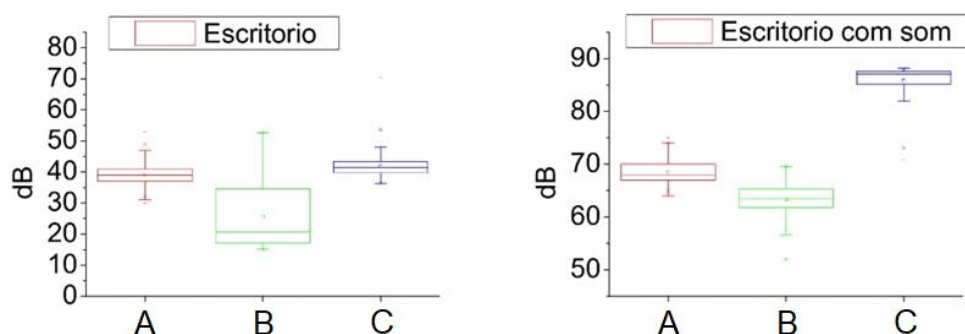
Figura 4 - Análise do desvio padrão: rua



Fonte: Dos autores

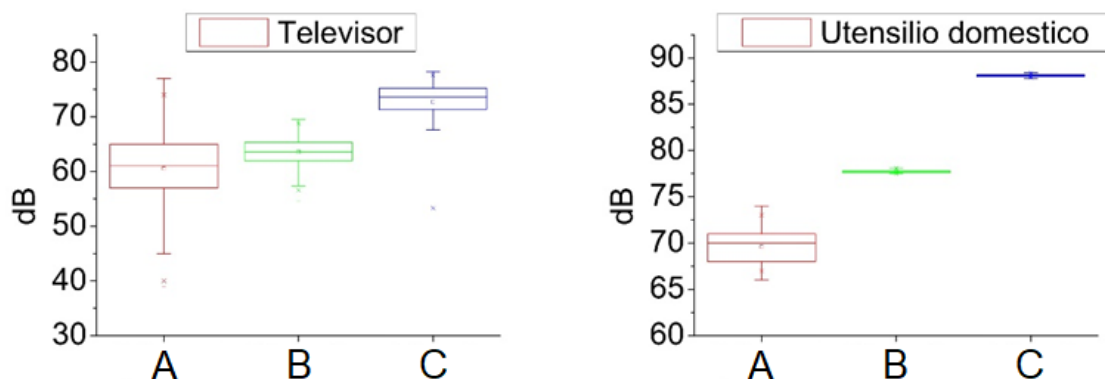
Para o escritório em silêncio observa-se que a média se encontra próxima o que indica que ambientes em silencio a captação do ruído demonstra ser semelhantes para os três aparelhos. Em contra partida quando em um ambiente com ruído mais intenso, como é o caso do escritório com som, o aparelho C apresenta média consideravelmente maior.

Figura 5 – Análise da variabilidade: escritório e escritório com som



Fonte: Dos autores

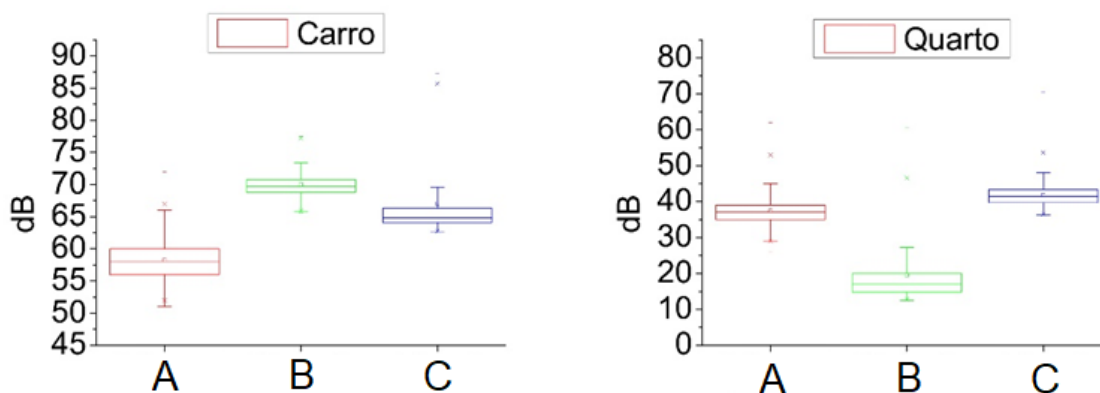
Figura 6 - Análise de variabilidade: televisor e utensilio doméstico



Fonte: Dos autores

De acordo com a Figura 7 para a captação de ruído do carro os três aparelhos demonstraram conformidade nos resultados, no caso do quarto, um ambiente silencioso o aparelho B demonstrou uma média abaixo, o que pode indicar que o sensor possui pouca precisão.

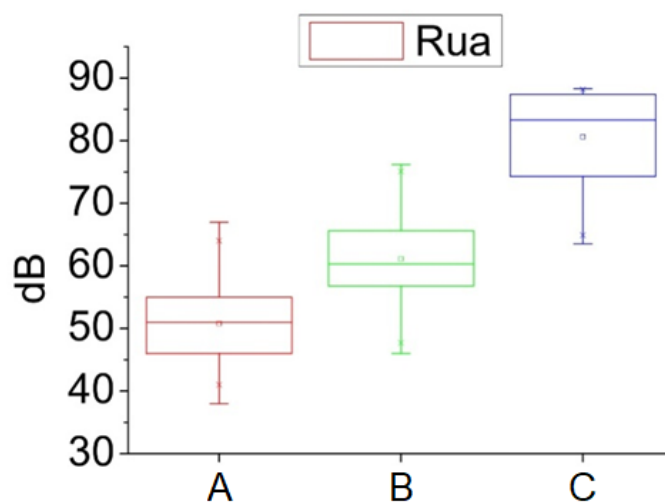
Figura 7 - Análise de variabilidade: Carro e quarto



Fonte: Dos autores

De acordo com a Figura 8 observa-se que há grande discrepância na captação do ruído, nesse caso, a rua pode apresentar variações de ruído, pois a captação foi realizada em momentos diferentes o que há indícios de falha no experimento.

Figura 8 - Análise de variabilidade: rua



Fonte: Dos autores

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que dentre os três aparelhos não há uma lógica exata com referência a exatidão na captação de ruído. O aparelho C demonstra melhores resultados em um ambiente com música, o aparelho B em um ambiente com baixo ruído. O aparelho A possui um resultado bem abaixo da média em um ambiente com ruído intenso.

Quanto à média apenas em um ambiente com baixo ruído há maior concordância entre os três aparelhos. Por fim o ambiente em que houve maior discrepância é o da rua. Em pesquisas já realizadas foi demonstrado que há muita variabilidade devido ao trânsito e dependendo do momento, nesse caso, se justifica realizar a captação em horários semelhantes e obter uma quantidade maior de dados.

Pode-se sugerir para o desenvolvimento de pesquisas futuras um estudo de estatística quantitativo utilizando o método T-Student em pares para correlacionar os aparelhos e realizar a comparação, nesse caso, identificando qual aparelho se justifica mais confiável comparando aos pares e

consequentemente podendo ser possível identificar o que possui maior confiabilidade.

Conclui-se que os sensores de captação de ruídos de aparelhos celulares podem ser utilizados como recursos tecnológicos no ensino de Engenharia de Segurança do Trabalho, no entanto há necessidade de desenvolver uma curva de calibração comparada a um equipamento decibelímetro devidamente calibrado. Pode-se analisar também o custo benefício e a importância da origem do aparelho, pois, em determinada situação aparelhos com valores menores podem ser de grande utilidade para a captação de ruído com confiança nos dados coletados.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Comissão de Estudo de Desempenho Acústico de Edificações. **Projeto NBR 10151:1999**. Brasil, 1 jun. 2003.

APARICIO-RAMON, D.V; SUAREZ-VARELA,, MORALEZ M.M; GARCIA J., GARCIA; LLOPIS, GONZALEZ A.; RUANOL, SANCHEZ A. M.; FERRER, CARACO E. Subjective annoyance caused by environment al noise. **J. Environ Pathol Toxicol Oncol** , [s. l.], v. 12, p. 273-43, 10 jan. 1993.

BELOJEVIC, J.; JAKOVLEVIC, B. Subjective Reactions for Traffic Noise with Regard to some Personality Traits. **Environmental International** , [s. l.], v. 23, p. 221-226, 1 out. 1997.

FLOREA, Catalin. Brief Analysis of Sounds Using a Smartphone. **The Physics Teacher**, EUA, v. 57, p. 214-215, 1 abr. 2019.

HAWLEY, Scott H.; JUNIOR, Robert E. McClain. Visualizing Sound Directivity via Smartphone Sensors. **The Physics Teacher** , [s. l.], v. 56, p. 72-74, 1 fev. 2018.

HOL, Felix Jan Hein; CASTILLO, Erica Araceli; NEWBY, Cooper; PRAKASH, Manu. Using mobile phones as acoustic sensors for high-throughput mosquito surveillance Haripriya Mukundarajan. **Tools and Resources**, EUA, p. 1-26, 31 out. 2017.

LACERDA, Adriana Bender Moreira; MAGNI, Cristiana; MORATA, Thais Catalani; MARQUES, Jair Mendes; ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição Sonora. **Ambiente e Sociedade**, Brasil, v. 8, p. 1-15, 2 jul. 2005.

MACHADO, Diogo Alcino de Abreu Ribeiro Carvalho; ESTEVES, Dina da Assunção Azevedo; BRANCA, Pedro Manuel Araújo de Sousa. Precisão de um smartphone para testar a luz de laringoscópio e uma auditoria de nossos laringoscópios usando as normas da ISO. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, Brasil, v. 67, p. 180-183, 1 abr. 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP). **Norma Regulamentadora No. 15 (NR-15)**. Brasil, 8 jun. 1978.

MONTEIRO, Martín; CABEZA, Cecilia; MARTI, Arturo C. Medidas de aceleração utilizando os sensores de telefones inteligentes: trabalhando com o princípio de equivalência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Brasil, v. 37, p. 1-6, 1 maio 2015.

PINTO, Fabiana Silva; CENTENO, Jorge Antonio Silva. A realidade aumentada em smartphones na exploração de informações estatísticas e cartográficas. **Boletim de Ciências Geodésicas**, [s. l.], v. 18, p. 282-301, 1 jun. 2012.

RAW, G.J.; GRIFFITHS, I.D. Subjective response to changes in road traffic noise: A model. **Journal of Sound and Vibration**, Inglaterra, v. 141, p. 43-54, 22 ago. 1990.

THIEL, Benjamin; KLOCH, Kamil; LUKOWICZ, Paul. Sound-based proximity detection with mobile phones. **ACM Journals**, [s. l.], v. 4, p. 1-4, 6 nov. 2012.

VILLAS BÔAS, N. **Tópicos de Física**. [S. l.]: Saraiva, 2004. v. 2.

ZAMORA, Willian; CALAFATE, Carlos T.; CANO, Juan-Carlos; MANZONI, Pietro. Accurate Ambient Noise Assessment Using Smartphones. **Sensors Basel journal**, EUA, v. 17, p. 1-18, 21 abr. 2017.